

НЕКОТОРЫЕ АНОМАЛИИ ПОГЛОЩЕНИЯ СВЕТОВОЙ ВОЛНЫ СРЕДОЙ, ПОМЕЩЕННОЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

И. М. Тхек-де, Э. Г. Сапрыкин и А. М. Шалагин

Экспериментально обнаружена аномальная зависимость коэффициента поглощения света, резонансного переходу $3s_2-2p_4$ неона, от величины продольного магнитного поля. На кривой зависимости коэффициента поглощения от величины магнитного поля наблюдается узкий «пик». Исследована зависимость параметров «пика» от давления тока разряда, интенсивности и поляризации проходящего излучения.

В настоящем сообщении приведены результаты измерения поглощения лазерного излучения (0.6328 мкм) возбужденными атомами неона на переходе $3s_2-2p_4$ в присутствии магнитного поля. В нашем опыте излучение проходило через охлаждаемую водой кювету (длина 60 см, внутренний диаметр 2.5 мм), которая помещалась в соленоид, создающий продольное магнитное поле. Через соленоид пропусклся ток в виде прямоугольных импульсов с частотой 40 гц и амплитудой, линейно меняющейся со временем. В кювете возбуждался разряд постоянного тока при давлении чистого неона 0.2—1.8 мм рт. ст. Регистрирующая система, состоящая из фотоприемника, селективного усилителя, синхронного детектора и двухкоординатного самописца, выделяла и записывала разность в поглощении лазерного излучения при наличии и отсутствии магнитного поля, как функцию его величины.

Исследовано поглощение линейно и циркулярно поляризованного монохроматического излучения при различных давлениях газа, токах разряда и интенсивностях излучения. При этом обнаружено, что на кривой зависимости коэффициента поглощения от величины магнитного поля появляется не предсказываемая обычной теорией резкая структура «пик» с центром в нуле магнитного поля, с относительной амплитудой $\sim 10^{-4}$ и шириной, много меньшей доплеровской ширины (рис. 1). Следует заметить, что указанный «пик» имеет место при сколь угодно малых интенсивностях излучения (когда эффектами насыщения заведомо можно пренебречь)¹, причем его параметры ширина и амплитуда по отношению к величине полного поглощения для волн круговой и линейной поляризации примерно одинаковы. Исследование ширины и амплитуды «пика» от тока разряда показало, что амплитуда максимальна при оптимальном для абсолютного поглощения токе, а ширина остается постоянной. При изменении интенсивности излучения от 10 до 0.01 мвт/мм² и при постоянном давлении изменений в ширине и относительной амплитуде «пика» для волны круговой поляризации в пределах ошибок эксперимента замечено не было. Характер изменения параметров «пика» с давлением показан на рис. 2.² С увеличением давления ширина «пика» растет. Линейная экстрапо-

¹ С ростом интенсивности излучения начинают проявляться нелинейные эффекты, и на кривой поглощения волны линейной поляризации «пик» преобразуется в «провал» [1]. Однако для волны круговой поляризации нелинейные эффекты не приводят к появлению «провала».

² Частотный масштаб рис. 1, 2 соответствует g -фактору уровня $2p_4$.

ляция в нуль давления дает полную ширину 8 ± 1 Мгц, уширение с давлением 2.5 ± 1 Мгц/тор. Относительная амплитуда имеет более сложную зависимость: достигает максимального значения при некоторых оптимальных давлениях $0.5 \div 1$ тор и уменьшается как с увеличением, так и с уменьшением давления. Отметим, что указанный «пик» имеет место и для деполаризованного излучения, а также при наличии нескольких мод, причем его параметры примерно те же.

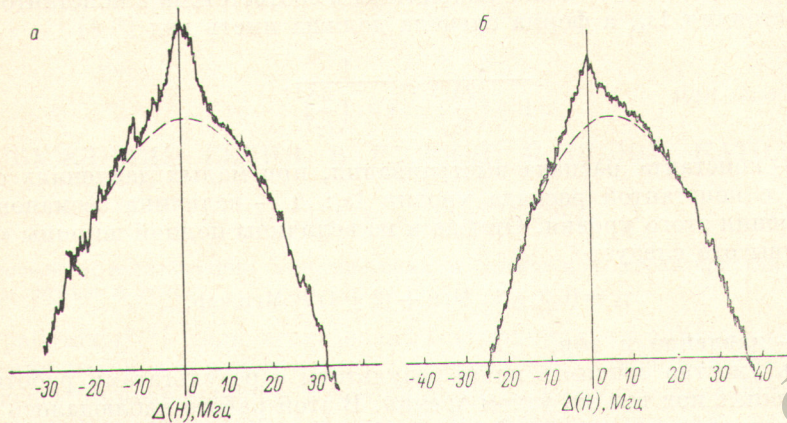


Рис. 1. Примеры зависимости коэффициента поглощения от величины зеемановского расщепления.

а — линейная, б — круговая поляризации. Штриховой линией показана «верхушка» обычного контура поглощения. Некоторая асимметрия в круговой поляризации объясняется сдвигом частоты излучения относительно линии атомного перехода.

Явление такого рода было впервые наблюдеено Каллас и Чайкой [2] при исследовании ими спонтанного испускания Ne, возбужденного разрядом постоянного тока, в слабом магнитном поле. В этой же работе предложена и интерпретация данного эффекта, основанная на явлении «выстраивания» атомов, т. е. частичной когерентности возбуждения зеемановских подуровней. Часть экспериментальных результатов [2] объяснена выстраиванием в том состоянии, с которого ведется наблюдение, и часть, для которых когерентность возбуждения подуровней либо не важна (π -компоненты излучения), либо не имеет смысла (излучение с уровня, у которого $J=0$) — выстраиванием в промежуточных состояниях при ступенчатом возбуждении. В последнем случае выстраивание в промежуточном состоянии и разрушение его магнитным полем должно приводить к изменению заселенности рабочего уровня, а ширина сигнала должна быть связана с характеристиками промежуточного. В последующих работах Чайки [3-5] на некоторых теоретических моделях иллюстрируется возможность таких процессов.

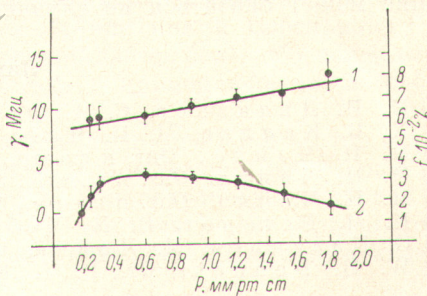


Рис. 2. Зависимость ширины γ (кривая 1) и относительной амплитуды f (кривая 2) «пика» от давления (круговая поляризация).

Интенсивность излучения 6 мвт/мм². Ток разряда для каждого давления оптимальный.

Если подходить к полученным нами результатам с данной точки зрения, то мы имеем следующую ситуацию. Наличие «пика» в поглощении линейно поляризованной волны могло бы быть обусловлено выстраиванием в состояниях $3s_2$, $2p_4$ и тогда за ширину «пика» были бы ответственны времена жизни этих состояний. Однако для волны круговой поляризации наличие или отсутствие выстраивания не играет никакой роли, здесь мы имеем аналог π -компонентам в экспериментах [2], но так как для волн той и другой поляризации эффект примерно одинаков, то следует считать,

что он возникает из-за изменения заселенностей подуровней под действием магнитного поля. Остается, следовательно, предположить в рамках модели выстраивания наличие когерентности при ступенчатом возбуждении, т. е. выстраивание какого-то промежуточного состояния. В частности, это может быть состояние $1s_4$ тем более, что оно играет заметную роль в ступенчатом возбуждении состояния $2p_4$ [6] и, кроме того, связано с основным пленением резонансного излучения. В этом случае измеренная нами ширина «пика» должна находиться в соответствии с константой распада состояния $1s_4$, а форма сигнала должна иметь вид [3, 4]

$$\frac{1}{1 + \left(\frac{2\Delta}{\gamma_2}\right)^2} + \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta}{\gamma_2}\right)^2},$$

где γ_2 — константа распада выстраивания, при малых давлениях совпадающая с константой распада уровня $1s_4$; Δ — величина зеемановского расщепления этого уровня. Отсюда и из величины полной ширины «пика» на полувысоте следует³

$$\gamma_2 = (6.3 \pm 1) \text{ Мгц} + (2 \pm 1) P \text{ Мгц/тор},$$

где P — давление в тор.

Здесь уместно сравнить наши результаты с результатами работы [7], обработанные под тем же углом зрения. В этой работе наблюдалось спонтанное испускание с уровня $2p_1$ в магнитном поле. Ширина полученного сигнала также была отнесена к тому же состоянию $1s_4$. Значение γ_2 ($8.8 \pm \pm 1$ Мгц) при экстраполяции в нуль давления и уширение с давлением ~ 5 Мгц/тор несколько отличаются от полученных нами. Особенно заметна разница в уширении с давлением.

Из сопоставления наших результатов с результатами работы [7], а также с другими данными по измерению γ_2 , проведенными в [7], трудно еще с уверенностью говорить о справедливости или несправедливости интерпретации, предложенной Чайкой. Нельзя к тому же, не отметить, что ширина и уширение «пика» с давлением, полученные в наших экспериментах, совпадают с аналогичными параметрами уровня $2p_4$ [8] (при сопоставлении, естественно, следует иметь в виду различие g -факторов для уровней $1s_4$, $2p_4$ и различие предполагаемой формы сигнала). Такое совпадение может оказаться не случайным.

Литература

- [1] М. И. Дьяконов, С. А. Фридрихов. Усп. физ. наук, 90, 565, 1966.
- [2] Х. В. Каллас, М. П. Чайка. Опт. и спектр., 27, 694, 1969.
- [3] М. П. Чайка. Опт. и спектр., 30, 822, 1971.
- [4] М. П. Чайка. Опт. и спектр., 31, 513, 1971.
- [5] М. П. Чайка. Опт. и спектр., 31, 670, 1971.
- [6] И. М. Бетеров, В. П. Чеботаев. Опт. и спектр., 23, 854, 1967.
- [7] С. Казанцев, М. Чайка. Опт. и спектр., 31, 510, 1971.
- [8] W. R. Bennett, Jr., P. J. Kindlmann. Phys. Rev., 119, 38, 1966.

Поступило в Редакцию 20 июня 1972 г.

³ При расчете γ_2 учтено различие g -факторов уровней $2p_4$, $1s_4$.